

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001150654 A**

(43) Date of publication of application: **05.06.01**

(51) Int. Cl. **B41J 2/01**
B41J 2/51

(21) Application number: **11335493**

(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORP**

(22) Date of filing: **26.11.99**

(72) Inventor: **FUJIMORI YUKIMITSU**

(54) **PRINTER AND PRINTING METHOD USING INK
DROP HAVING DIFFERENT QUANTITY OF INK**

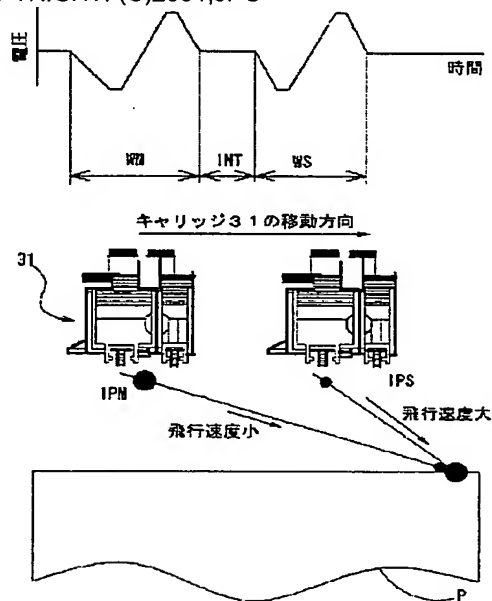
intermediate drop.

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a printer forming dots of different quantity of ink in which positional shift of each dot is suppressed.

SOLUTION: Each pixel can be formed arbitrarily of a small ink drop IPS and/or an intermediate ink drop IPM by outputting two kinds of driving waveform WM, WS continuously during main scan. The driving waveforms are set to satisfy conditions that each ink drop is ejected at a speed ensuring stabilized flight, and conditions that an interval INT for preventing ejection of one ink drop from causing variation in the quantity of other ink drop is ensured. In case of a micro ink drop IPS, the flight time is limited by increasing the ejection speed sufficiently because the trajectory may be curved. Driving waveform satisfying these conditions stably can be set by ejecting a small drop following to an

COPYRIGHT: (C)2001,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-150654

(P 2 0 0 1 - 1 5 0 6 5 4 A)

(43) 公開日 平成13年6月5日 (2001. 6. 5)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
B41J 2/01		B41J 3/04	101 Z 2C056
2/51		3/10	101 F

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全18頁)

(21) 出願番号 特願平11-335493

(22) 出願日 平成11年11月26日 (1999. 11. 26)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 藤森 幸光

長野県諏訪市大和三丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100096817

弁理士 五十嵐 孝雄 (外3名)

Fターム(参考) 2C056 EA07 EC07 EC21 EC31 EC37

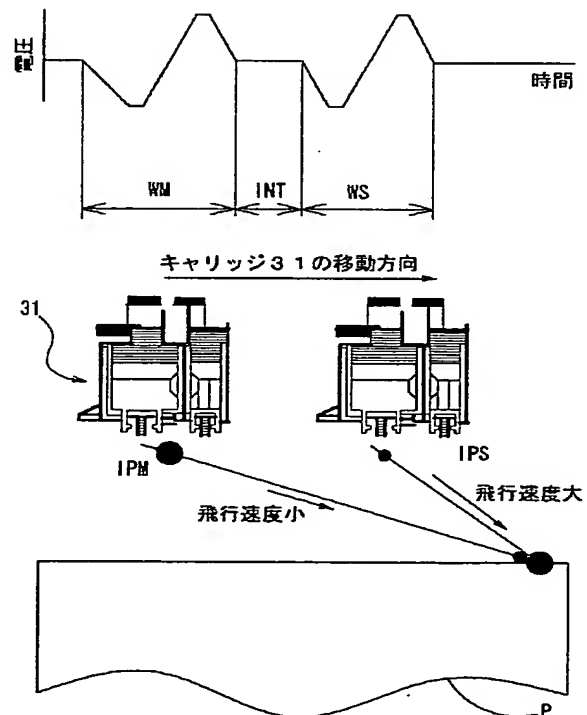
EC42 ED01 FA03 FA04 FA10

(54) 【発明の名称】 インク量の異なるインク滴を用いる印刷装置、印刷方法

(57) 【要約】

【課題】 インク量の異なるドットを形成するプリンタにおいて、各ドットの形成位置のずれを抑制する。

【解決手段】 主走査中に2種類の駆動波形WM, WSを連続的に出力することで、各画素に小インク滴IP S, 中インク滴IP Mの一方または双方によるドットを任意に形成可能とする。各インク滴が安定して飛行可能な速度で吐出する条件、一方のインク滴の吐出の有無によって他方のインク滴のインク量の変動しないだけの間隔INTを確保する条件を満足するように駆動波形の形状を設定する。また、小インク滴IP Sが非常に微細な場合には、飛行曲がりが生じやすいため、吐出速度を十分に高めて、着弾までの飛行時間を抑制する。小インク滴を中インク滴の後に吐出させるよう設定することにより、上述の条件を安定して満足できる駆動波形を設定することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 インク量の異なる複数種類のインク滴を吐出可能なヘッドを用いて印刷媒体上の各画素にドットを形成して画像を印刷する印刷装置であって、前記ヘッドおよび印刷媒体の少なくとも一方を駆動して主走査を行う主走査手段と、前記複数種類のインク滴ごとに設定されたタイミングで前記ヘッドを駆動して

、前記各画素に該複数種類のうちいずれかのドットを形成するヘッド駆動手段とを備え、

前記タイミングは、前記複数種類のドットのうち、最小インク量のインク滴の飛行時間が最短となるよう設定されたタイミングである印刷装置。

【請求項 2】 前記タイミングは、各画素に対してインク量が大きいインク滴ほど早期に吐出されるよう設定されたタイミングである請求項 1 記載の印刷装置。

【請求項 3】 一画素に複数のインク滴を連続的に吐出できる間隔を開けて各インク滴の吐出タイミングが設定された請求項 1 記載の印刷装置。

【請求項 4】 前記ヘッドは、電歪素子の歪みを利用してインクを吐出するヘッドである請求項 1 記載の印刷装置。

【請求項 5】 前記ヘッドは、インクへの加熱により生じる気泡を利用してインクを吐出するヘッドである請求項 1 記載の印刷装置。

【請求項 6】 インク量の異なる複数種類のインク滴を吐出可能なヘッドを用いて印刷媒体上の各画素にドットを形成して画像を印刷する印刷方法であって、前記ヘッドおよび印刷媒体の少なくとも一方を駆動して主走査を行う工程と、前記複数種類のインク滴のうち、最小インク量のインク滴の飛行時間が最短となるよう各インク滴ごとに設定されたタイミングで前記ヘッドを駆動して、前記各画素にドットを形成する工程とを備える印刷方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インク量の異なるインク滴を吐出してドットを形成する印刷装置に関し、詳しくは非常に微細なインク滴によるドットを各画素に安定して形成可能な印刷装置に関する。

【0002】

【従来の技術】インクジェットプリンタは、ヘッドからインクを吐出して印刷媒体上にドットを形成し、画像を記録する。従来のインクジェットプリンタでは、ヘッドから吐出されるインク量は一定であったが、近年では、滑らかな階調表現を実現するため、吐出されるインク量が可変のインクジェットプリンタが提案されている。図 22 はインク量の異なるドットを形成するプリンタの一例を示す説明図である。このプリンタでは、主走査としてキャリッジ CA が移動している間に、各画素に対し、

インク量が少ない小インク滴 I P s を吐出するための駆動信号 W1 と、インク量が若干多い中インク滴 I P m を吐出するための駆動信号 W2 とを連続的に出力する。小インク滴 I P s の飛行速度は中インク滴 I P m の飛行速度よりも遅い。従来のプリンタでは、キャリッジ CA の移動速度を考慮して、「小インク I P s の吐出速度 < 中インク I P m の吐出速度」に設定するとともに、小インク I P s の吐出から大インク I P m の吐出までの間隔 ΔW を調整することによって、各インク滴をほぼ同じ位置に着弾させていた。このように吐出タイミングを設定した上で、駆動信号 W2 をマスクする信号をヘッドに出力すれば小ドットを形成することができ、駆動信号 W1 をマスクすれば中ドットを形成することができる。いずれの駆動信号もマスクしなければ、小インク滴と中インク滴とを合体させて大ドットを形成することができる。

【0003】各画素にインク量の異なるドットを形成するプリンタには、他のタイプとして、各画素に対し小インク滴を形成するための駆動信号または中インク滴を形成するための駆動信号のいずれかを選択的に出力するものもある。図 22 のように 2 種類の駆動信号の一方をマスクすることによりインク量を変えるのではなく、各画素に出力される駆動信号自体の種類を、吐出すべきインク量に応じて変更するのである。かかるプリンタでは、図 22 中の間隔 ΔW を考慮する必要がないから、インク量が異なる場合でも各ドットの飛行速度を同じ値に設定し、同じタイミングで駆動信号を出力すれば着弾位置を一致させることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年、インクジェットプリンタでは、より高解像度で高画質な印刷を実現するため、ドットの微細化が進んでいる。また、印刷の高速化を図るため、主走査中のキャリッジの移動速度が高くなっている。微細化されたドットは、わずかな擾乱で飛行方向がずれるため、安定して着弾させることが困難である。また、キャリッジの移動速度が高くなると、インク滴に作用する空気抵抗が大きくなるため、インク滴の飛行軌跡はより一層ずれやすくなる。従って、インク滴の微細化およびキャリッジの高速化が進むと、各ドットの着弾位置をそろえることが非常に困難になる。従来であれば、大小のインク滴の着弾位置を安定して一致させる吐出速度および吐出間隔の条件を比較的容易に設定することができたが、ドットの微細化等を図ると、かかる条件を見出すことが非常に困難になってきた。

【0005】かかる条件を見出すことの困難性には、2 つの主要因がある。第 1 の困難性としては、ドットの微細化、キャリッジの高速化によって、各インク滴が安定して飛行しなくなったことが挙げられる。第 2 は、キャリッジの高速化によって、各画素に対してインク量の異なるインク滴を連続的に吐出させるための吐出間隔の自由度が狭くなったことが挙げられる。このうち、第 2 の

10

20

30

40

50

困難性は、各画素に対して複数の駆動信号を連続的に出力するタイプのプリンタに固有の課題である。一方、第1の困難性は、インク量の異なるインク滴に対応したいずれかの駆動信号を選択的に出力するタイプのプリンタにも共通の課題である。従って、駆動信号を選択的に出力するタイプのプリンタにおいても、一定の吐出速度および吐出タイミングでは、各インク滴の着弾位置を一致させることが困難になっていた。

【0006】本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、非常に微細なドットを用いた場合でも、インク量の異なるドットの着弾位置のずれを抑制し、高画質な印刷を実現する印刷装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上述の課題の少なくとも一部を解決するため、本発明は、次の構成を採用した。本発明は、インク量の異なる複数種類のインク滴を吐出可能なヘッドを用いて印刷媒体上の各画素にドットを形成して画像を印刷する印刷装置において、前記ヘッドおよび印刷媒体の少なくとも一方を駆動して主走査を行う主走査手段と、前記複数種類のインク滴ごとに設定されたタイミングで前記ヘッドを駆動して、前記各画素に該複数種類のうちいずれかのドットを形成するヘッド駆動手段とを備え、前記タイミングは、前記複数種類のドットのうち、最小インク量のインク滴の飛行時間が最短となるよう設定されたタイミングであることを要旨とする。

【0008】インク滴の着弾位置ずれは吐出されたインク滴が本来の軌跡と異なる軌跡で飛行することにより生じる。飛行軌跡のずれは、飛行時間を短くすることにより短縮される。ここで、インク重量の異なるインク滴を比較すると、最小インク量のインク滴は、質量が最も小さいため、吐出圧力の不均一さ、空気抵抗など種々の要因によって飛行軌跡のずれ（以下、飛行曲がりという）が生じやすい。従って、本発明として開示した通り、最も影響を受けやすい最小インク量のインク滴の飛行時間が最短となるように各インク滴の吐出タイミングを設定することにより、ドットの着弾位置ずれを抑制することができ、高画質な印刷を実現することができる。

【0009】飛行時間の短縮は、吐出速度の向上によって実現することができる。つまり、本発明の印刷装置では、最小インク量のインク滴の吐出速度が最も高くに設定される。また、このように吐出速度を設定することにより、各画素にドットを形成するための吐出タイミングは、必然的に最小インク量のインク滴が最も遅いタイミングとなる。最も遅いタイミングとは、図22に示したように各画素に複数の駆動信号が連続的に出力される場合には、最小インク量に対応した駆動信号が最後に出力されることを意味する。また、各インク量に対応した駆動信号のいずれかを選択的に出力する場合には、ドット

を形成すべき画素との相対的な位置関係が最も近いことを意味している。つまり、本発明の印刷装置では、各駆動信号がヘッドに出力される時点でのヘッドと画素の距離を比較すると、最小インク量の駆動信号に対応した距離が最小になっているのである。

【0010】従来は、上述の要因による飛行曲がり顕著に生じるほどの微細ドットは用いられていなかったため、吐出タイミングの設定に際して、飛行の安定性が問題とされることはほとんどなかった。連続的に駆動信号を出力するタイプの印刷装置において、非常に微細なドットを用いた場合でも、当初は、図22に示すように「小インク I P s の吐出速度 < 大インク I P m の吐出速度」で吐出していた。ところが、かかる条件下でドットを形成した場合には、ドットを微細化しても画質がそれほど向上しないことが見出された。本願の発明者は、精緻な実験、分析により、この現象の本質的原因が飛行曲がりにあることを見出した。

【0011】本願は、このように微細化されたドットを用いる場合には、従来考慮する必要がなかった飛行の安定性を十分に考慮して吐出タイミングを設定する必要があることを見出した点に第1の技術的意義がある。また、各インク滴の吐出速度を現実的な範囲に抑えつつ、最小インク量のインク滴の飛行曲がりを抑制するためには、最小インク量の飛行時間を最小にすることが効率的であることを見出した点に第2の技術的意義がある。つまり、インク量が小さい程、吐出圧力を小さくすればよいという通常の設定方法を覆し、インク量が最小のインク滴について、敢えて吐出速度を最大に設定する必然性、技術的効果を見出したのである。

【0012】本発明において、最小インク滴以外のインク滴の吐出タイミングは種々の設定が可能であるが、前記タイミングは、各画素に対してインク量が大きいインク滴ほど早期に吐出されるよう設定されたタイミングであるものとするのが望ましい。換言すれば、インク量が小さい方から順に飛行時間が長くなるように設定されたタイミングとすることが望ましい。前述の通り、インク量の小さいインク滴ほど飛行曲がりが生じやすいから、こうすることにより、最小インク量のインク滴のみならず、その他のインク滴も飛行曲がりを極小にすることができる。

【0013】本発明は、一画素に一種類の駆動信号を選択的に出力する印刷装置に適用することも可能であるが、一画素に複数のインク滴を連続的に吐出できる間隔を開けて各インク滴の吐出タイミングが設定され、各主走査で各画素に任意のインク量のドットを形成可能な印刷装置として構成することが望ましい。複数のインク滴を連続的に吐出するためには、各インク滴の吐出速度や吐出間隔について厳しい条件を満たす必要があるが、本発明で開示されたタイミングを適用することによりこれらの条件を満たしやすくなる。

【0014】本発明の印刷装置には、電歪素子の歪みを利用してインクを吐出するヘッド、インクへの加熱により生じる気泡を利用してインクを吐出するヘッドの双方を適用可能である。もちろん、これらに限られるものでもない。

【0015】本発明は、印刷装置としての態様の他、印刷方法として構成することもできる。また、印刷装置に搭載されたヘッドを上述のタイミングで制御する印刷制御装置や印刷制御方法などの態様で構成するものとしてもよい。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について以下に示す順序で実施例に基づき説明する。

A. 装置の全体構成：

B. 駆動波形の生成：

C. 吐出タイミングの設定：

D. 吐出タイミングの解析的設定方法：

E. 吐出タイミングの解析的設定方法に関する変形例：

F. 第2実施例の印刷装置：

【0017】A. 装置の全体構成：図1は実施例としての印刷システムの概略構成を示す説明図である。本実施例の印刷システムは、プリンタPRTをコンピュータPCに接続して構成される。コンピュータPCはプリンタPRTに、主走査中にいずれの画素にどんな種類のドットを形成するかを特定するラスタデータ、および副走査の送り量を特定する送りデータを含む印刷データを転送することによってプリンタPRTの動作を制御する役割を果たす。これらの処理は、プリンタドライバと呼ばれるプログラムに基づいて行われる。プリンタPRTは、制御回路40がこの印刷データに基づいて主走査および副走査を行って印刷を実行する。

【0018】プリンタPRTは、紙送りモータ23によって用紙Pを搬送する機構と、キャリッジモータ24によってキャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構と、キャリッジ31に搭載された印字ヘッド61～64を駆動してインクの吐出およびドット形成を行う機構と、これらの紙送りモータ23、キャリッジモータ24、印字ヘッド28および操作パネル32との信号のやり取りを司る制御回路40とから構成されている。

【0019】キャリッジ31をプラテン26の軸方向に往復動させる機構は、プラテン26の軸と並行に架設されキャリッジ31を摺動可能に保持する摺動軸34と、キャリッジモータ24との間に無端の駆動ベルト36を張設するプーリ38と、キャリッジ31の原点位置を検出する位置検出センサ39等から構成されている。

【0020】なお、このキャリッジ31には、黒インク(Bk)用のカートリッジ71とシアン(C)、マゼンタ(M)、イエロ(Y)の3色のインクを収納したカラーインク用カートリッジ72が搭載可能である。キャリ

ッジ31の下部には、これらのインクに対応した計4個のインク吐出用ヘッド61～64が形成されている。キャリッジ31に黒(Bk)インク用のカートリッジ71およびカラーインク用カートリッジ72を上方から装着すると、各カートリッジから吐出用ヘッド61ないし64へのインクの供給が行われる。

【0021】図2はインク吐出用ヘッド61ないし64の概略構成を示す説明図である。図示の都合上、イエロのヘッドについては図示を省略した。ヘッド61ないし64には、各色ごとに48個のノズルNzが一定の間隔で設けられている。また、ノズルNzまでインクを導くインク通路68に接する位置に、各ノズル毎にピエゾ素子PEが配置されている。ピエゾ素子PEの両端に設けられた電極間に所定時間幅の電圧を印加すると、ピエゾ素子PEが電圧の印加時間だけ伸張し、図中に矢印で示す方向にインク通路68の一側壁を変形させる。この結果、この収縮分に相当するインクが、粒子Ipとなって、ノズルNzの先端から高速に吐出される。このインク粒子Ipがプラテン26に装着された用紙Pに染み込むことにより印刷が行われる。

【0022】本実施例のプリンタPRTは、ピエゾ素子PEに異なる波形で電圧を印加することにより、インク量の異なるドットを形成可能としている。この原理について説明する。図3は駆動波形と吐出されるインクIpとの関係を示した説明図である。図3において破線で示した駆動波形が通常のドットを吐出する際の波形である。区間d2において一旦、基準電圧よりも低い電圧をピエゾ素子PEに印加すると、インク通路68の断面積を増大する方向にピエゾ素子PEが変形する。ノズルへのインクの供給速度には限界があるため、インク通路68の拡大に対してインクの供給量が不足する。この結果、図3の状態Aに示した通り、インク界面MeiはノズルNzの内側にへこんだ状態となる。図3の実線で示す駆動波形を用い、区間d2に示すように電圧を急激に低くすると、インクの供給量はさらに不足した状態となる。従って、状態aで示す通りインク界面は状態Aに比べて大きく内側にへこんだ状態となる。

【0023】次に、ピエゾ素子PEに高い電圧を印加すると(区間d3)、先に説明した原理に基づいてインクが吐出される。このとき、インク界面があまり内側にへこんでいない状態(状態A)からは状態Bおよび状態Cに示すごとく大きなインク滴が吐出され、インク界面が大きく内側にへこんだ状態(状態a)からは状態bおよび状態cに示すごとく小さなインク滴が吐出される。このように、駆動電圧を低くする際(区間d1、d2)の変化率に応じて、ドットのサイズを変化させることができる。また、区間d3における駆動波形の傾きおよびピーク値を調整することによって、吐出されるインク滴の飛行速度を調整することができる。

【0024】プリンタPRTは、2種類の駆動波形を連

続的に出力して、各画素にインク量の異なるドットを任意に選択して形成可能としている。図4は駆動波形および各画素へのインク滴の吐出の様子を示す説明図である。キャリッジ31は用紙Pに対して図中の左から右に移動しながらインク滴を吐出する。この移動とタイミングを合わせて2種類の駆動波形WM、WSがヘッドに出力される。駆動波形WMは中ドットを形成する中インク滴IPMを吐出する波形であり、駆動波形WSは小ドットを形成する小インク滴IPSを吐出する波形である。両者を一つの画素に対して吐出することにより、大ドットを形成することができる。

【0025】本実施例では、小インク滴IPSを中インク滴IPMの後に吐出する点が特徴である。かかる順序でインク滴を吐出しつつ、両者をほぼ同じ画素に着弾させるため、中インク滴IPMは低い飛行速度、小インク滴IPSは高い飛行速度で吐出されるように、ヘッドからの吐出速度が調整されている。また、一般に、インク滴を吐出した後、一定の期間はメニスカスが振動し安定したインク滴を吐出することができないから、小インク滴IPSを安定して吐出するために、駆動波形WMと駆動波形WSの間には、所定のインターバルINTが設けられている。各インク滴の吐出速度およびインターバルINTの設定については、後で詳述する。

【0026】B. 駆動波形の生成：次にプリンタPRTの制御回路40の内部構成を説明し、駆動波形の生成方法について説明する。図5は制御回路40の内部構成を示す説明図である。図示する通り、この制御回路40の内部には、CPU41、PROM42、RAM43の他、コンピュータ90とのデータのやりとりを行うPCインタフェース44、紙送りモータ23、キャリッジモータ24および操作パネル32などとの信号をやりとりする周辺入出力部(PIO)45、計時を行うタイマ46、ヘッド61~64にドットのオン・オフの信号を出力する駆動用バッファ47などが設けられており、これらの素子および回路はバス48で相互に接続されている。また、制御回路40には、所定周波数で各ノズルのピエゾ素子PEを駆動するための駆動波形を出力する発信器50、駆動信号生成部55、および駆動波形をヘッド61~64に分配する分配出力器49も設けられている。

【0027】制御回路40は、コンピュータ90で処理された印刷データを受け取り、これを一時的にRAM43に蓄え、所定のタイミングで駆動用バッファ47に出力する。駆動用バッファ47からは、各ノズルごとにドットのオン・オフを示すデータが分配出力器49に出力される。この結果、ドットを形成すべきノズルに対してはピエゾ素子PEを駆動するための駆動波形が出力され、ドットが形成される。

【0028】図6は駆動信号生成部55の内部構成を示す説明図である。図示するように、駆動信号生成部55

は、駆動波形の形状を特定するパラメータを記憶しておくメモリ51、このメモリ51の内容を読み出して一時的に保持する第1ラッチ52、この第1ラッチ52の出力と後述する第2ラッチ54の出力とを加算する加算器53、第2ラッチ54の出力をアナログデータに変換するD/A変換器56、変換されたアナログ信号をピエゾ素子PE駆動用の電圧振幅まで増幅する電圧増幅部57、増幅された電圧信号に対応した電流供給を行うための電流増幅部58とから構成されている。ここで、メモリ51は、駆動波形を決める所定のパラメータを記憶しておくものである。図示する通り、駆動信号生成部55には、クロック信号1、2、3、データ信号、アドレス信号およびPTS信号が入力される。

【0029】クロック信号1、2、3は発信器50から出力される3種類のタイミング信号である。クロック信号1はメモリ51にデータ信号を入力する際の同期を司る信号である。クロック信号2はメモリ51に記憶された複数のスルーレートのうち、駆動波形の生成に使用されるデータを切り替えるタイミングを司る信号である。クロック信号3は駆動波形の電圧変化を司る信号である。PTS信号は、各画素に対応して出力される信号であり、駆動波形の出力の開始を指示する信号である。PTS信号は、駆動用バッファ47から各画素に対応したデータを入出力するタイミングを指定する役割も果たす。

【0030】図7は駆動波形を生成する様子を示す説明図である。駆動波形の生成に先立って、駆動信号のスルーレートを示すいくつかのデータがメモリ51に送られる。スルーレートとは、単位時間当たりの電圧の変化量である。スルーレートが正であれば一定の変化率で電圧は上昇し、負であれば一定の変化率で電圧が低下する。メモリ51には最大32種類のスルーレートが各アドレスに記憶される。ここでは順にスルーレート $\Delta 0$ 、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2$ 、 $\Delta 3$ ・・・のデータが記憶される場合を示した。

【0031】PTS信号が入力され、駆動波形の生成が開始された時点で、最初のアドレスが指定されると、メモリ51から最初のアドレスに対応したスルーレート $\Delta 0$ がクロック信号2に同期して第1ラッチ52に保持される。一方、第2ラッチ54にはクロック信号3に同期してスルーレート $\Delta 0$ が逐次加算された値が保持される。この結果、第2ラッチ54から出力される電圧は、図7に示す通り段階的に変化する。出力された駆動信号は、D/A変換器56で滑らかに整形され、電圧増幅部57、電流増幅部58で増幅されて各ヘッドに出力される。

【0032】クロック信号2が入力されると、第1ラッチ52からは2番目のアドレスに対応したスルーレート $\Delta 1$ が加算器53に出力され、電圧の変化率はスルーレート $\Delta 1$ に対応した値となる。本実施例では、 $\Delta 1$ を値

10

20

30

40

50

0としている。従って、図示する通り、2番目のアドレスが指定された区間では、電圧はフラットな状態に保たれる。また、3番目のアドレスに対応したスルーレート $\Delta 2$ は負の値が設定されている。従って、図示する通り、3番目のアドレスが設定された区間では電圧は一定の割合で低下する。

【0033】メモリ51には、スルーレートと共に、該スルーレートが維持される維持時間が記憶されている。図7に即して説明すれば、スルーレート $\Delta 0$ に対しては維持時間は $n0$ であり、スルーレート $\Delta 1$ に対しては維持時間は $n1$ である。維持時間は、その間に出力されるクロック3のパルス数で記憶されている。クロック2は、この維持時間に応じた間隔で出力される。

【0034】このように駆動信号生成部55にクロック信号2を適宜送信することにより、所定の変化率で電圧を変化させることができ、駆動波形を生成することができる。また、メモリ51に記憶される値を変化させることで、駆動波形の形状を種々変化させることができる。本実施例では、このようにして所定のインク量および吐出速度、吐出間隔を満足する駆動波形WM、WSを生成している。

【0035】C. 吐出タイミングの設定：次に、各インク滴の吐出タイミング、即ち、各インク滴の吐出速度とインターバルの設定方法について説明する。最初に設定方法の概要を説明した後、具体的な設定例を示す。図8は吐出タイミングの設定方法を示す工程図である。吐出タイミングを設定する際には、まず、各インク滴ごとに安定して飛行可能な速度範囲を特定する（ステップS10）。安定して飛行可能とは、ドットの着弾位置ずれが、画質への影響に基づいて設定された所定の誤差範囲内に収まることをいう。いかなる誤差範囲を設定するかは、画質への要求に応じて異なる。一般に飛行速度が低い程、飛行時間が長くなるから、種々の擾乱が作用してドットの着弾位置ずれが大きくなる傾向にある。特に、小インク滴ほど安定して飛行可能な速度範囲の下限値は高くなる。安定して飛行可能な速度範囲は、インク滴の体積に応じて、実験または解析などにより求めることができる。一方、ヘッドには機構的に安定してインク滴を吐出可能な上限値が存在するため、ステップS10では、かかる上限値も考慮して速度範囲を設定する必要がある。

【0036】次に、主走査の移動速度を設定する（ステップS20）。印刷速度を向上するためには、主走査の移動速度は高い方が望ましい。一方、主走査の移動速度には、機構上の上限やプリンタPRTにコンピュータPCからデータを転送する速度に起因する上限が存在する。また、移動速度を、あまりに高めると、2種類の駆動波形を出力する間隔が短くなるため、最初の駆動波形でインクを吐出した後に残留するメニスカスの振動によって続くインク滴が安定して吐出できなくなる場合があ

る。ステップS20では、これらの条件を考慮しつつ、妥当な範囲で主走査の移動速度を設定する。

【0037】ステップS10、S20で設定された値は、それぞれ吐出タイミングを設定する際の拘束条件となる。なお、ここでは図示の便宜上、飛行速度の設定（ステップS10）、主走査の移動速度の設定（ステップS20）の順序で実行する場合を例示したが、両者の設定は逆の順序で行ってもよいし、並行して行ってもよい。

【0038】次に、こうして設定された拘束条件に基づいて、各インク滴を安定して吐出できるインターバルを設定する（ステップS30）。安定したインク量でインク滴を吐出するために、インターバルは、前にインク滴を吐出した際の残留振動が十分に減衰する範囲で設定する必要がある。

【0039】次に、各画素に形成されるそれぞれのドットの形成位置が所定範囲内に収まるように吐出速度を設定する（ステップS40）。それぞれのドットの形成位置がほぼ一致するように設定することが望ましいことはいふまでもない。解がない場合、即ちかかる設定が実現できない場合には、ステップS30で設定した主走査の移動速度を変更しつつ、要求を満足する吐出タイミングを設定する（ステップS50）。なお、ステップS30、S40についても逆の順序または並行して行うことが可能である。

【0040】先に説明した通り、一般に、安定して飛行可能な速度範囲の下限値が小インク滴ほど高くなる傾向にあるから、小インク滴を後に吐出するように吐出タイミングを設定することにより、要求を満足する設定を比較的容易に見出すことができる。吐出タイミングは、上述の工程に従って、安定して飛行可能な速度範囲などを実験的に求めつつ、設定するものとしてもよいが、本実施例では、インク滴の飛行を解析することにより計算で求めた。以下、その方法について説明する。

【0041】D. 吐出タイミングの解析の設定方法：図9は解析的の吐出タイミングを設定する際に用いるパラメータを示す説明図である。ここでは、2種類の駆動波形WM、WSを連続的に出力する場合を例示した。「中インク滴→小インク滴」で吐出することが好ましいことを解析結果に基づいて具体的に示すため、ここでは、まだ吐出順序は固定しない。両者を連続的に出力する際の間隔 Δt (μsec) が、各インク滴の吐出時間差となる。駆動波形WMにより吐出される中インク滴の体積を VOL_m (pl)、吐出速度を v_m (m/sec) とし、駆動波形WSにより吐出される小インク滴の体積を VOL_s (pl)、吐出速度を v_s (m/sec) とする。また、プラテンギャップ、即ちキャリッジ31と用紙Pとの間隔を L (mm) とし、キャリッジ31の移動速度を v_c (m/sec) とする。それぞれのインク滴は、吐出速度 v_m 、 v_s とキャリッジの移動速度 v_c と

の合成速度で飛行する。

【0042】解析的設定方法では、まず、インク滴が安定して飛行するための条件を、上述の変数を用いて表す。そして、実施例で吐出する小インク、中インクのそれぞれについて、この条件を満足するように、飛行速度を設定する。また、こうして算出された飛行速度に基づいて吐出時間差を設定する。

【0043】図10はインク滴が安定して飛行するための条件を求める考え方について示す説明図である。図10(a)に示す通り、インク滴は、ヘッドに設けられたノズルNzから垂直方向、即ちヘッドから用紙に向かう方向に速度vで吐出される。インク滴の飛行曲がりが生じる原因の一つに製造時のばらつきによるノズル面の不均一さが挙げられる。つまり、ノズルNzの形状が完全な真円からずれることによる影響や、ノズル面の内側に施されためっきの不均一さなどによってインク滴が垂直方向から若干ずれた方向に吐出されるのである。このように垂直方向からずれて吐出されることによって生じる水平方向の速度成分をwとする。この速度成分wは必ずしもキャリッジの移動方向とは一致しない。インク滴は、水平方向の速度成分wと垂直方向の速度成分vとの合成方向に飛行する。インク滴が垂直方向に有する運動量に対し、水平方向に有する運動量が十分に小さければ、インク滴は安定して飛行し、ほぼ設計通りの位置に着弾することになる。

【0044】ここで、垂直方向および水平方向のインク滴の運動量を求める。図10(b)はノズルから吐出される瞬間のインク滴の様子を模式的に示した説明図である。ここでは、インク滴を半径R、高さV×Tの円柱と近似して(以下、便宜的にインク柱と呼ぶ)その運動量を求めることにする。Tとは、インクの吐出開始から終了までの吐出時間を意味し、インク量に関わらずほぼ一定である。

【0045】インク滴を円柱で近似した場合、インク滴の密度をρとすれば、インク滴の質量mは密度×体積で表されるから、運動量mvは次式(1)で表される。

$$mv = \rho \times \pi \times R^2 \times v^2 \times T \quad \dots (1);$$

【0046】一方、水平方向の運動量は、主にノズル面で作用する表面張力σの合力Fによるものであり、その大きさは、インク柱の周長に比例する。図10(c)はインク量の異なるインク柱Ips、Ipmに働く表面張力の差異を示す説明図である。小インク柱Ipsはハッチングを施して示した。中インク柱Ipmの場合は、周長2π(Rm)の領域に表面張力σによる合力Fmが作用する。小インク柱Ipsの場合は、周長2π(Rs)の領域に表面張力σによる合力Fsが作用する。このように水平方向に作用する合力Fは、周長×σに比例する。この比例係数をk1とする。かかる合力Fが作用する時間は、吐出時間Tに等しいから、水平方向には、力積F×Tが作用する。水平方向に生じる運動量mwは、

この力積と等しいから、上述の比例係数k1を用いて、次式(2)で表される。

$$mw = F \times T = k1 \times 2 \pi R \times \sigma \times T \quad \dots (2);$$

【0047】上式(1)(2)およびインク柱の体積VOL=πR²VTを考慮すれば、水平方向の運動量mwと垂直方向の運動量mvとの比は、次式(3)で表される。

$$mw/mv = k1 \times 2 \pi R \times \sigma \times T / (\rho \times \pi \times R^2 \times V^2 \times T)$$

$$= 2 k1 \times \sigma / (\rho R V^2)$$

$$= \sqrt{\{K / (V^3 \times VOL)\}} \quad \dots (3);$$

ここで、Kは比例係数である。上式(3)の値が十分に小さければインク滴は安定して飛行すると言える。上述の通り、Kは定数であるから、インク滴の飛行速度vおよびインク滴の体積VOLを変数とする関数f=v³×VOLが所定値以上になれば安定して飛行するといえる。

【0048】従来の実績に基づいて、インク滴を安定して飛行させるために、上記関数fが保持すべき値を算出する。本実施例と同様の機構のヘッドを備えるプリンタでは、従来、6plのインク滴を6m/secで吐出した場合に、十分安定した飛行が実現できた実績がある。この値を代入すれば、上記関数の値fは、次の通りとなる。f=v³×VOL=6³×6=1296(pl³・m/sec)もちろん、これは本実施例のプリンタPRTに固有の値であり、汎用的な値ではない。従来の実績に基づいて、プリンタごとに求めるべき値である。

【0049】以上より、インク滴が安定して飛行する条件が求められた。「f=v³×VOL=1296」なる条件を満足するように、インク滴の体積VOLに応じて飛行速度の下限値vを設定すればよい。図11はインク滴の体積と安定して飛行可能な吐出速度との関係を表すグラフである。上記条件に基づいて、算出した結果を示している。インク体積の増大とともに、安定して飛行するための吐出速度の下限値が低減していくことが分かる。例えば、小インク滴を2plとすれば、安定して飛行させるためには、吐出速度を8.7m/sec以上にする必要があることが分かる。中インク滴を10plとすれば、安定して飛行させるためには、吐出速度を5m/sec以上でよいことが分かる。

【0050】次に、2種類のインク滴を一つの画素に着弾させ得る吐出タイミングの設定を行う。図12は吐出タイミングを設定する際の考え方を示す説明図である。図12(a)は「小ドット→中ドット」の順に吐出する場合のタイミングの設定方法を示している。図中の点Psで小インクが吐出され、点Pmで中インクが吐出されて、用紙上の点Ppに着弾するものとする。吐出される点Ps、Pmから用紙までの距離は、先に図9で説明したブラテンギャップLに相当する。

【0051】図中の右方向にキャリッジが移動しながら

小インクを吐出した場合、全く空気抵抗が作用しなければ、インク滴は図中に破線で示す軌跡を描いて飛行する。このときの小インクの飛行距離を L_a とする。しかし、実際のインク滴には、キャリッジの移動方向と逆方向に空気抵抗が作用するため、飛行距離は L_a よりも短くなり、点Ppに着弾する。空気抵抗によって短くなる分の飛行距離を L_b とする。一方、中インクは、小インクが吐出された後、所定の吐出間隔 Δt だけ経ってから吐出される。この間にキャリッジが移動する距離を L_c とする。点Pmで吐出された中インクは、吐出速度とキャリッジの移動速度との合成速度で飛行し、図中の実線で示す軌跡を描いて点Ppに着弾する。この間に中インクが飛行する距離を L_m とする。なお、中インクにも空気抵抗が作用するが、その影響は小さいため、ここでは無視した。

【0052】図12(a)から明らかな通り、上述の各距離間には、次式(4)の関係式が成立する。

$$L_m = L_a - L_b - L_c \quad \dots (4);$$

ここで、 L_c はキャリッジの移動速度 v_c 、吐出時間差 Δt に基づいて算出できる。 L_a は小インクの吐出速度 v_s 、キャリッジの移動速度 v_c に基づいて算出できる。 L_b は後述する通り、近似的に求めることができ

$$\begin{aligned} L_b &= 0.5 \times a \times t^2 \\ &= 0.5 \times (F_d / m) \times t^2 \end{aligned}$$

ここに、 $F_d = 6\pi\mu Rv$ 、および $m = \rho 4\pi R^3 / 3$ (ρ はインク滴の密度)、 $t = L / (v_s)$ を代入すれば、 L_b は次式(6)で与えられる。

$$L_b = 9\mu L^2 (v_c) / (4\rho R^2 (v_s)^2) \quad \dots (6);$$

【0055】上式(4)～(6)を用いて中インクの吐出速度を計算した結果を具体的に示す。図13は中インクの吐出速度と小ドットの体積および吐出時間差との関係を示すグラフである。図中の一点鎖線が、「小ドット→中ドット」の順でインクを吐出した場合、即ち図12(a)に示した状態での計算結果である。ここでは、上述の定数のうち、インク密度 $\rho = 1070 \text{ kg/m}^3$ 、半径 R を中インクの体積 10 pl に相当する値、キャリッジの移動速度 v_c を 1 m/sec 、プラテンギャップ $L = 1 \text{ mm}$ として計算した。小インクの飛行速度は、図11にグラフで示した値とした。また、小ドット吐出から中ドット吐出までの吐出時間差 Δt を $10, 20, 30, 40, 50 \mu \text{ sec}$ の5段階に変化させて計算した。

【0056】本実施例のヘッドが、安定してインクを吐出可能な範囲は、約 $6 \sim 9 \text{ m/sec}$ の吐出速度である。かかる制限を考えると、図13に示される通り、例えば 2 pl の小インクを用いる場合には、中インクの吐出速度 v_m を約 9 m/sec とし、しかも吐出時間差 Δt を $10 \mu \text{ sec}$ という非常に小さい値にする必要があることが分かる。吐出時間差 Δt が短くなれば、小インクを吐出した後のメニスカスの残留振動が中インクの吐出に影響を与え、中インクのインク量が変動する可能性

る。従って、上式(4)の右辺は既知量となり、 L_m も求めることができる。この結果、水平方向の飛行距離 L_m と、プラテンギャップ L との比、およびキャリッジの移動速度 v_c を用いて中インクの吐出速度 v_m は、次式(5)で求めることができる。

$$v_m = v_c \times L / L_m \quad \dots (5);$$

【0053】ここで、空気抵抗による変位 L_b の算出方法について説明する。飛行中、空気抵抗が作用する期間のインク滴をほぼ球形と仮定する。球に働く流体の抵抗 F_d は、流体力学の分野で周知の通り、一般に「 $F_d = 6\pi\mu R(v_c)$ 」で与えられることが知られている。ここで、 μ は流体の静粘性係数であり、空気の場合は $1.8 \times 10^{-5} (\text{pas})$ である。 R は球の半径、 v は飛行速度である。

【0054】厳密には、飛行速度は徐々に低下するため、空気抵抗も徐々に小さくなるが、吐出から着弾までは非常に短い時間であることから、上述の空気抵抗がほぼ一様に作用し、キャリッジの移動方向と逆方向に一樣な加速度 a を生じるものと考えられる。従って、空気抵抗による変位 L_b は、いわゆる等加速度運動における変位で求めることができ、吐出から着弾までの飛行時間を t とすれば、次の通りとなる。

が高くなる。また、吐出速度が高い点も中インクの吐出を不安定にする原因となる。小インク滴を更に微細にする場合には、中インク滴の吐出速度を非現実的な値にまで増大する必要が生じる。従って、「小インク→中インク」で吐出した場合、それぞれのインク滴をほぼ同じ位置に着弾させることは非常に困難となる。

【0057】次に、吐出順序を「中インク→小インク」とした場合について説明する。図12(b)はかかる吐出順序でインクを吐出した場合のタイミングの設定方法を示している。図中の記号は、図12(a)と同じである。吐出順序の違いにより、「中インク→小インク」の場合には、 L_m, L_a, L_b, L_c の各距離間には、次式(4)'の関係式が成立する。

$$L_m = L_a - L_b + L_c \quad \dots (4)';$$

「中インク→小インク」の場合は、上式(4)'、

(5)、(6)を用いることにより、中インクの吐出速度を求めることができる。

【0058】「中インク→小インク」の場合の計算結果を図13中に実線で示した。計算に適用した諸条件は、「小インク→中インク」の場合と同じである。図13から明らかな通り、 2 pl の小インクを用いる場合、吐出時間差 Δt を $50 \mu \text{ sec}$ としても約 7.5 m/sec で吐出すれば済むことが分かる。つまり、小インクを吐

出した後のメニスカスの残留振動が減衰するのに十分な吐出時間差を確保することができ、また、中インクの吐出速度も十分に安定して吐出可能な範囲に設定することができるのである。本実施例では、かかる解析結果に基づき、「中インク→小インク」の順で上述の吐出速度および吐出時間差で吐出させるよう設定した。

【0059】このように、非常に微細な小インクを用いる場合には、「中インク→小インク」の順に吐出することによって、同一の画素に安定して着弾させることが可能となる。逆に、小インクが若干大きくなった場合には、「小インク→中インク」の順に吐出した方が好ましい。図13に示す通り、小インクの体積が大きくなると、「小インク→中インク」の順序で吐出した場合には、中インクの吐出速度が低くなりすぎて、吐出が不安定になることがあるからである。本実施例の場合は、小インクが4～5 p lの領域を境にして、それよりも微細な小インクを用いる場合には、「中インク→小インク」が好ましく、小インクの量が上記境界領域よりも大きい場合には、「小インク→中インク」の順序が好ましい結果となった。もちろん、これは図13に示した計算条件下での分析結果に過ぎず、吐出時間差を更に大きくしたり、キャリッジの移動速度を更に速くするなど、計算条件を変動させれば4～5 p l以上の領域でも、「中インク→小インク」の吐出順序の方が好ましくなる場合もある。

【0060】以上、本実施例のプリンタPRTによりインク量の異なるドットを形成する原理および一つの画素にインク量の異なるドットを着弾させるための吐出タイミングの設定方法について説明した。以上で説明した本実施例のプリンタPRTによれば、2 p lという非常に微細な小インクと、10 p lという中インクを用いつつ、「中インク→小インク」の順で吐出するように吐出タイミングを設定することによって、各インク滴が安定して飛行可能な吐出速度を確保しつつ、両者をほぼ同じ位置に着弾させることができる。従って、本実施例のプリンタPRTによれば、非常に微細なドットの適用と、その形成位置のずれの抑制の双方により、画質を大きく向上することができる。

【0061】以上の例では、小インク、中インクの2種類のインクを連続的に吐出する場合について説明したが、本実施例で説明した工程に基づいてインクの吐出タイミングを設定すれば、3種類以上のインクを用いる場合でも着弾位置を抑制可能な吐出タイミングを設定することができる。図11および図13で示した通り、インク滴が安定して飛行可能な速度は、インク滴が小さくなるほど高くなることを考えれば、異なるインク量のインク滴を吐出する場合には、インク量が小さいものを最後に吐出するようにタイミングを設定すればよい。

【0062】E. 吐出タイミングの解析的設定方法に関する変形例：本実施例では、インク滴の飛行曲がりの主

要因がノズルの不均一性にあるものとの前提の下に、吐出タイミングを設定した。従って、空気抵抗は小インクに作用する場合のみを考慮した。インク滴の飛行曲がりが生じるメカニズムは完全には解明されていないため、吐出タイミングの解析的設定方法については、十分な妥当性を確保できる範囲で種々の変形例を考えることができる。以下では、こうした変形例の一つとして、飛行曲がりが主として空気抵抗によって生じるものと仮定した場合の計算方法を説明する。

10 【0063】変形例では、飛行曲がりの主要原因が空気抵抗にあると仮定するため、飛行中の空気抵抗による影響をできるだけ厳密に計算する必要がある。空気抵抗は、インク滴が飛行する際に空気との相対速度によって生じる抵抗である。従って、厳密に空気抵抗を検討する場合には、インク滴が飛行する空間の流れ場を考慮する必要がある。図14はキャリッジと印刷用紙Pとの間の流れ場を示す説明図である。キャリッジ31はx方向、即ち図中の右方向に速度 v_c で移動する。キャリッジ31のx方向の大きさは、プラテンギャップに比較して十分に大きいため、流体力学上は無限平板として扱うことができる。従って、キャリッジ31の移動時に生じる流れ場は、相対的に平行移動する無限平板間に生じる流れ場に相当し、粘性流体の分野で周知のクエット流れとなる。図14に流れ場の速度分布を示した。空気は、粘性の影響によって印刷用紙P上では速度0、キャリッジ31上ではその移動速度 v_c と等しい速度となり、その間の流速は直線的に変化する。

30 【0064】かかる流れ場中をインク滴IPは飛行する。この際のx方向の吐出速度を v_x 、y方向の吐出速度を v_y とする。インクの飛行速度 v_x 、 v_y は空気抵抗の影響によって時々刻々変化する。ここでインク滴と空気の相対速度について考える。キャリッジの移動によって生じる流れ場は、y方向の速度成分を有していないから、y方向の相対速度はインク滴の飛行速度 v_y に等しい。一方、x方向には上述の流れ場が存在するから、相対速度は、流れ場の速度を v_a とすれば、「 $v_x - v_a$ 」となる。キャリッジ近傍では、流れ場の速度 v_a とインク滴の飛行速度 v_x がほぼ等しいから、x方向には空気抵抗が作用しないことになる。以上より、インク滴の空気に対する相対速度が求められる。つまり、インク滴には、空気中を $v_d = \sqrt{\{(v_x - v_a)^2 + v_y^2\}}$ で飛行している場合と同等の抵抗が働く。インク滴を球形と仮定すれば、空気抵抗 F_d は前述の通り、 $F_d = 6\pi\mu R(v_d)$ で与えられる。こうして空気抵抗が算出できれば、インク滴に生じる加速度が求まり、それを積分することによって飛行軌跡を求めることができる。

50 【0065】図15は「インク滴体積=6 p l、キャリッジの移動速度=0.5 m/sec、吐出速度6 m/sec」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。上述の計算式により空気抵抗を算出し、数値計算によって積分

したシミュレーション結果である。インク密度、空気の粘性などの諸量は、先の実施例で用いた値（図 11, 13 を求める際に用いた値）と同じである。図中の実線が空気抵抗を考慮した場合の軌跡である。空気抵抗を考慮しない場合の軌跡（図中の破線）との着弾位置の差を着弾誤差と定義すれば、この条件下では約 $2.9 \mu\text{m}$ の着弾誤差が生じることになる。

【0066】図 16 は「インク滴体積 = 6 p l 、キャリッジの移動速度 = 1 m/s 、吐出速度 6 m/s 」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。この場合は、吐出時の x 方向の速度成分が大きいため飛行距離が伸びるとともに、空気抵抗の影響も大きくなり、約 $5.8 \mu\text{m}$ の着弾誤差が生じる。

【0067】図 17 は「インク滴体積 = 2 p l 、キャリッジの移動速度 = 1 m/s 、吐出速度 6 m/s 」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。この場合は、インク滴が小さくなった分、空気抵抗の影響が大きく現れ、着弾誤差は約 $12.9 \mu\text{m}$ にまで拡大する。

【0068】図 18 は「インク滴体積 = 2 p l 、キャリッジの移動速度 = 1 m/s 、吐出速度 8.7 m/s 」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。この場合は、吐出速度を高くしたことにより、飛行時間が短くなり、着弾誤差は約 $6.2 \mu\text{m}$ にまで低減する。

【0069】以上に実例を示した通り、空気抵抗を考慮したシミュレーションにより、各飛行条件下での着弾位置誤差を求めることができる。従って、吐出条件を種々変更させてシミュレーションを実行すれば、それぞれのインク滴体積に対して、着弾位置誤差を所定値以下に抑制可能な吐出条件を設定することができる。なお、所定値は、画質への影響等に基づいて任意に設定可能である。誤差の絶対値で設定してもよいし、インク滴半径などの比などで設定するものとしてもよい。

【0070】このようにして安定して飛行可能な吐出速度の範囲を設定した後は、吐出順序に応じて、実施例と同様の関係式を用いて吐出タイミングを設定する。例えば、「小インク→中インク」で吐出する場合には、実施例の式 (4) で示した関係「 $L_m = L_a - L_b - L_c$ 」が成立する。ここで、変形例の場合は、空気抵抗も考慮した上で、小インクの飛行距離 L_a を求めることができるから、関係式中の空気抵抗による影響分 L_b は考慮する必要がない。また、中インクの飛行距離 L_m も空気抵抗を考慮した上で、求めることができる。そこで、変形例では、上式を「 $L_c = L_a - L_m$ 」と変形し、吐出時間差の間に移動するキャリッジの移動距離 L_c を求め、「 $\Delta t = L_c / (v_c)$ 」を計算することにより吐出時間差 Δt を設定することができる。「中インク→小インク」の場合も同様にして、実施例の式 (4)' を「 $L_c = L_m - L_a$ 」と変形し、吐出時間差の間に移動するキャリッジの移動距離 L_c を求め、「 $\Delta t = L_c / (v_c)$ 」を計算することにより吐出時間差 Δt を設定する

ことができる。

【0071】吐出タイミングの設定は、このように種々の解析的手法によって設定することができる。もちろん、各解析的手法の妥当性は、特定のケースについて実験等により確認しておくことが望ましい。実施例では、主としてノズルの不均一性に着目した場合を示し、変形例では主として空気抵抗の影響に着目した場合を示したが、双方を厳密に考慮した解析を行うことも可能であることはいうまでもない。

【0072】F. 第 2 実施例の印刷装置；先に説明した実施例では、高応答性のピエゾ素子を用いたヘッドにより一つの画素に 2 種類の駆動波形を連続的に出力可能な場合について、その吐出タイミングの設定方法を説明した。次に、第 2 実施例として、2 種類の駆動波形を各画素について選択的に出力するプリンタを例にとって、吐出タイミングの設定方法を説明する。

【0073】第 2 実施例のプリンタはヘッドのインクを吐出する機構が第 1 実施例と相違する。図 19 は第 2 実施例のプリンタについてインクを吐出する原理を示す説明図である。図示する通り、ノズル N_z にはインク通路にヒータ H_T が備えられている。このヒータ H_T に通電すると、インク内に気泡 B_U が生じ、その圧力によって、インク滴 I_Q が吐出される。第 2 実施例では、各ノズルに 2 つのヒータを備え、各ヒータへの通電状態を変えることにより、大ドットおよび小ドットの 2 種類のドットを形成する。2 つのヒータの一方にのみ通電されれば小ドットが形成される。双方のヒータに通電されれば大ドットが形成される。

【0074】ヘッドの機構が相違することに伴い、プリンタ $P_R T$ 内の駆動信号生成部 55 の構成も第 1 実施例と相違する。図 20 は第 2 実施例における駆動信号生成部の構成を示す説明図である。図示する通り、発信器からは各画素に対応したタイミングで原駆動信号がディレイ回路 D_L を介して、各ノズルに備えられているヒータ $H_T 1$, $H_T 2$ に出力される。ヒータ $H_T 1$, $H_T 2$ にはそれぞれマスク回路 $M_S K 1$, $M_S K 2$ が介在されており、印刷データに応じて駆動波形のマスクを行う。ドットの非形成を意味する印刷データの場合には、ヒータ $H_T 1$, $H_T 2$ のいずれにも通電が行われないように、マスク回路 $M_S K 1$, $M_S K 2$ の双方が駆動波形をマスクする。小ドットの形成を意味する印刷データの場合には、ヒータ $H_T 1$ のみに通電が行われるように、マスク回路 $M_S K 2$ のみが駆動波形をマスクする。大ドットの形成を意味する印刷データの場合には、ヒータ $H_T 1$, $H_T 2$ の双方に通電が行われるように、いずれのマスク回路も駆動波形のマスクを行わない。

【0075】第 2 実施例のプリンタでは、各画素に小インク滴または中インク滴のいずれか一方しか吐出できないため、双方を同じ吐出速度に設定した場合には、いずれのインク滴を吐出するかに関わらず各画素に対し一定

のタイミングでインク滴を吐出すれば済む。しかしながら、第1実施例で説明した通り、小インク滴を微細にしていくと、安定して飛行させるために吐出速度を高くする必要が生じるから、着弾位置をそろえるため、それぞれ画素に対する吐出タイミングを変える必要がある。

【0076】図21は第2実施例における吐出タイミングの設定について示す説明図である。小インク滴IPS、大インク滴IPLを安定して飛行させるための吐出速度については、第1実施例と同様の方法により算出することができる。また、小インク滴IPSの飛行距離LS、大インク滴IPLの飛行距離LLも、第1実施例と同様の方法により算出することができる。従って、両者を同じ位置PPに着弾させるためには、小インク滴IPSを画素PPに至るまでの距離LSの位置で吐出し、大インク滴IPLを画素PPに至るまでの距離LLの位置で吐出すればよい。第2実施例では、大インク滴または小インク滴のいずれかを選択的に吐出するから、両者の吐出時間差 Δt には何らの制限もない。こうして吐出位置が特定されると、それぞれの駆動信号を出力するタイミングが設定される。通常、ヘッドには、インクを吐出する際の基準信号PTSが各画素ごとに出力されるから、信号PTSからのディレイ時間によってそれぞれの吐出タイミングを設定することができる。図21に示した通り、大インク滴については短いディレイ時間DTLが設定され、小インク滴については長いディレイ時間DTSが設定される。このように小インク滴が遅いタイミングで吐出されるようにタイミングを設定することにより、大小それぞれのインク滴を安定した飛行速度で吐出させることができ、ドットの形成位置ずれを抑制して高画質な印刷を実現することができる。

【0077】以上で説明した本実施例のプリンタによれば、「中インクまたは大インク→小インク」の順序で吐出することにより、各画素に複数のインク滴を各画素に連続的に吐出可能な場合、選択的に吐出する場合のいずれについても、着弾位置を安定させることができる。ここでは、2種類のインク滴を用いる場合を例示したが、3種類以上を用いる場合に適用することも可能である。なお、3種類以上のインク滴を用いる場合には、少なくとも最小インク量のインク滴を最後に吐出する条件下で種々の態様で吐出タイミングを設定することができる。例えば、大インク、中インク、小インクの3種類を用いる場合は、インク量の大きい順、即ち「大インク→中インク→小インク」の順に吐出することが望ましいが、「中インク→大インク→小インク」の順であっても構わない。実施例で説明した通り、飛行安定性を確保するために吐出速度を十分上げる必要があるのは、ドットが非常に微細な場合であり、通常は小インクのみが該当すると考えられるから、小インクを最後に吐出しさえすれば、その他のインク量のインク滴については必ずしもインク量の順に吐出しなくても、十分安定して飛行可能な

吐出タイミングを設定することができる。

【0078】以上、本発明の種々の実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の構成を採ることができることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例としての印刷システムの概略構成を示す説明図である。

【図2】インク吐出用ヘッド61ないし64の概略構成を示す説明図である。

【図3】駆動波形と吐出されるインクIpとの関係を示した説明図である。

【図4】駆動波形および各画素へのインク滴の吐出の様子を示す説明図である。

【図5】制御回路40の内部構成を示す説明図である。

【図6】駆動信号生成部55の内部構成を示す説明図である。

【図7】駆動波形を生成する様子を示す説明図である。

【図8】吐出タイミングの設定方法を示す工程図である。

【図9】解析的の吐出タイミングを設定する際に用いるパラメータを示す説明図である。

【図10】インク滴が安定して飛行するための条件を求める考え方について示す説明図である。

【図11】インク滴の体積と安定して飛行可能な吐出速度との関係を表すグラフである。

【図12】吐出タイミングを設定する際の考え方を示す説明図である。

【図13】中インクの吐出速度と小ドットの体積および吐出時間差との関係を示すグラフである。

【図14】キャリッジと印刷用紙Pとの間の流れ場を示す説明図である。

【図15】「インク滴体積=6pl、キャリッジの移動速度=0.5m/sec、吐出速度6m/sec」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。

【図16】「インク滴体積=6pl、キャリッジの移動速度=1m/sec、吐出速度6m/sec」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。

【図17】「インク滴体積=2pl、キャリッジの移動速度=1m/sec、吐出速度6m/sec」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。

【図18】「インク滴体積=2pl、キャリッジの移動速度=1m/sec、吐出速度8.7m/sec」の条件での飛行軌跡を示す説明図である。

【図19】第2実施例のプリンタについてインクを吐出する原理を示す説明図である。

【図20】第2実施例における駆動信号生成部の構成を示す説明図である。

【図21】第2実施例における吐出タイミングの設定について示す説明図である。

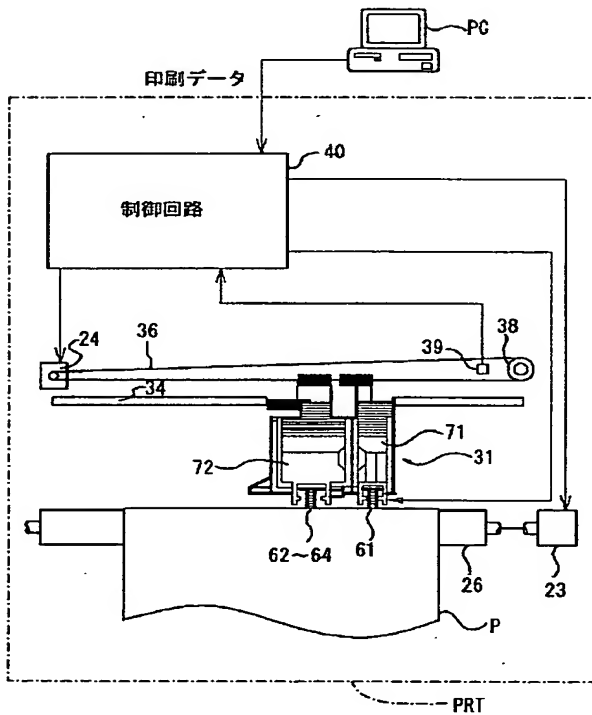
21

【図 2 2】 インク量の異なるドットを形成するプリンタの一例を示す説明図である。

【符号の説明】

23…紙送りモータ
24…キャリッジモータ
26…プラテン
31…キャリッジ
32…操作パネル
34…摺動軸
36…駆動ベルト
38…プーリ
39…位置検出センサ
40…制御回路
46…タイマ
47…駆動用バッファ

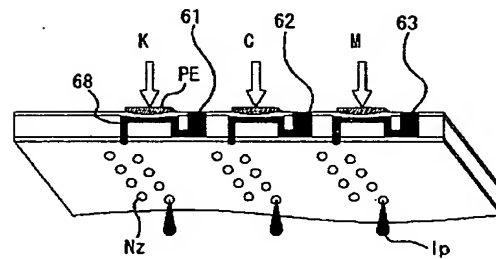
【図 1】



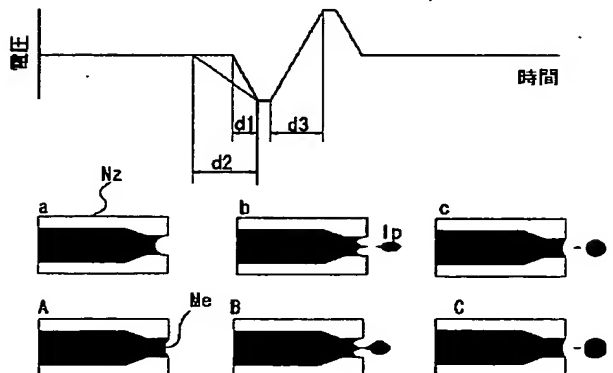
22

48…バス
49…分配出力器
50…発信器
51…メモリ
52…第 1 ラッチ
53…加算器
54…第 2 ラッチ
55…駆動信号生成部
57…電圧増幅部
58…電流増幅部
61～64…ヘッド
68…インク通路
71…カートリッジ
72…カラーインク用カートリッジ
90…コンピュータ

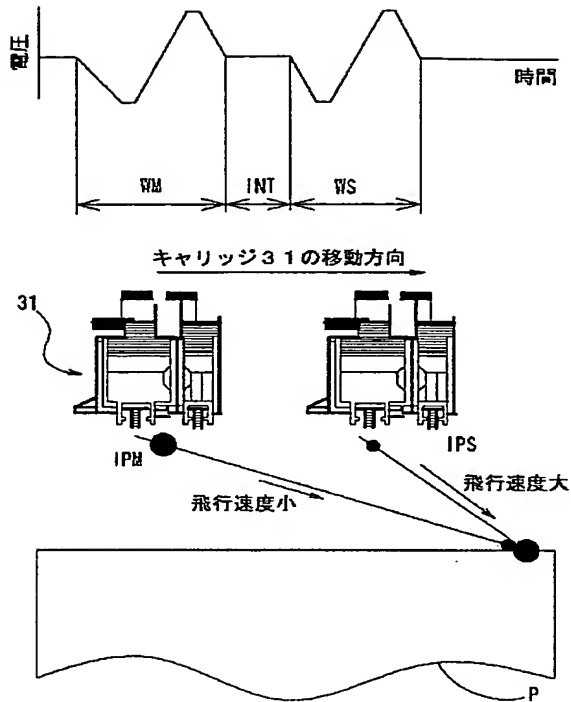
【図 2】



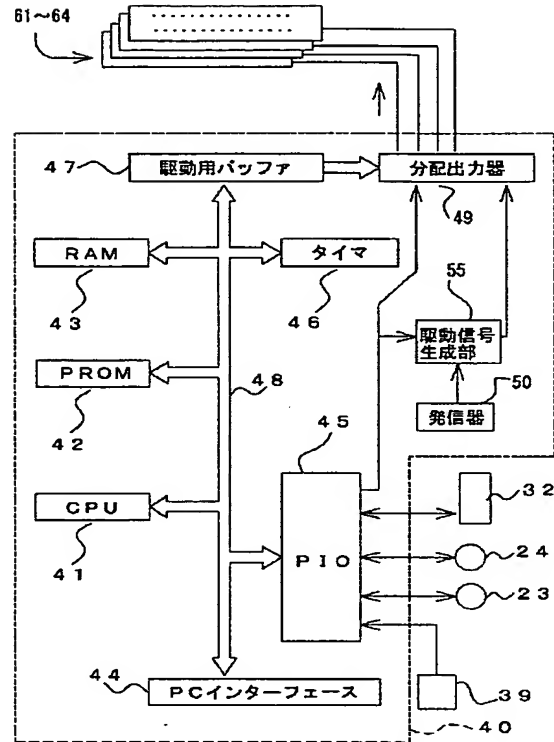
【図 3】



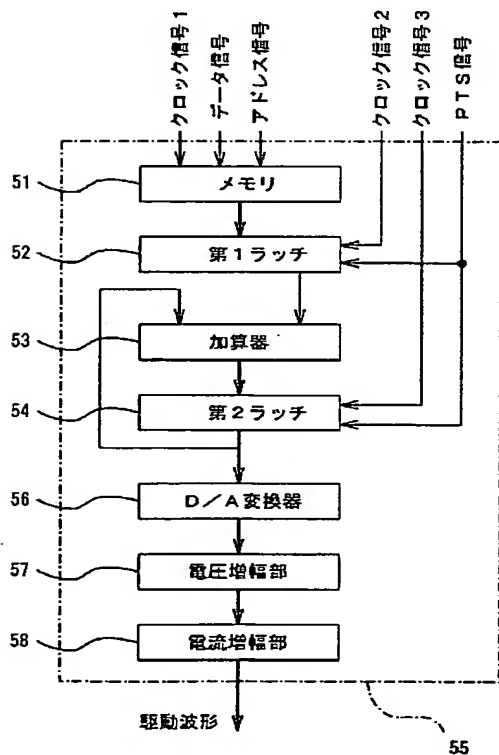
【図 4】



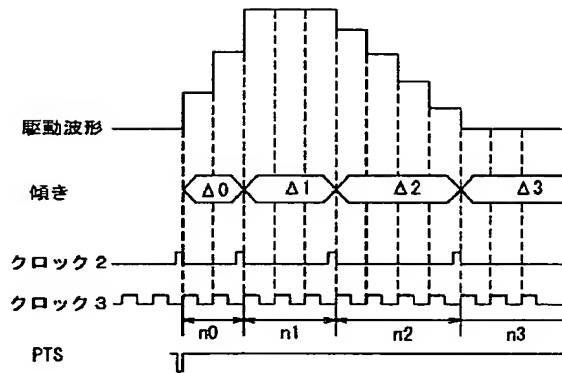
【図 5】



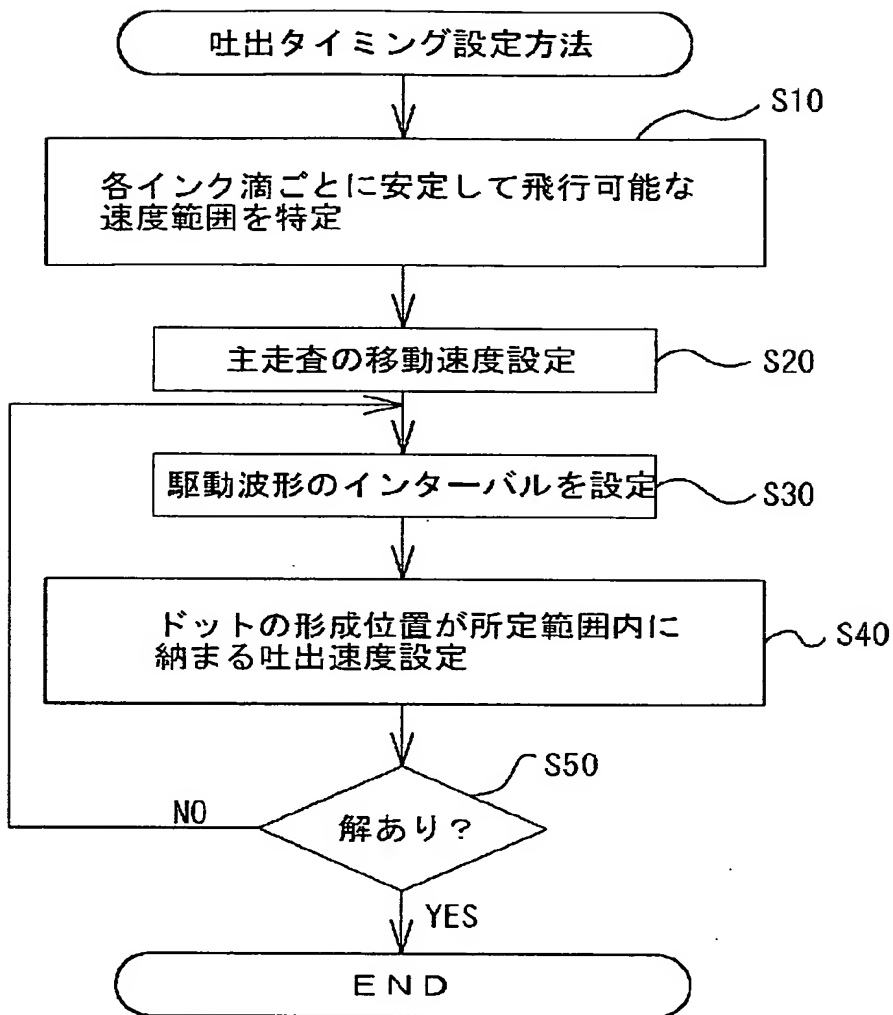
【図 6】



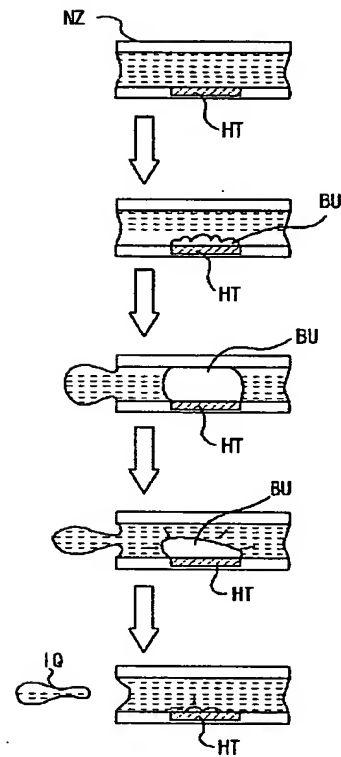
【図 7】



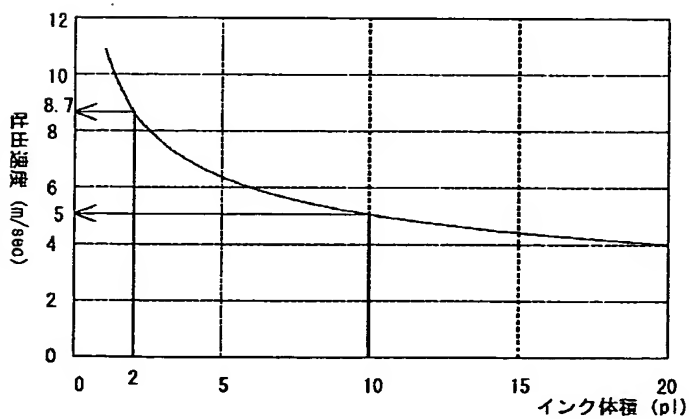
【図 8】



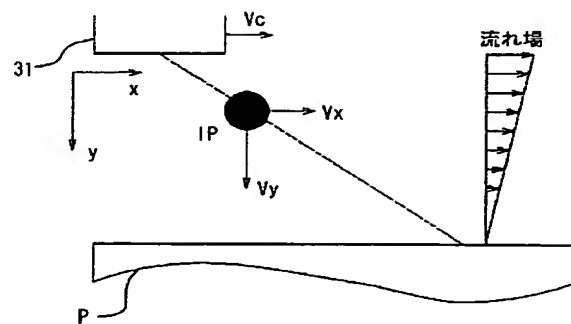
【図 19】



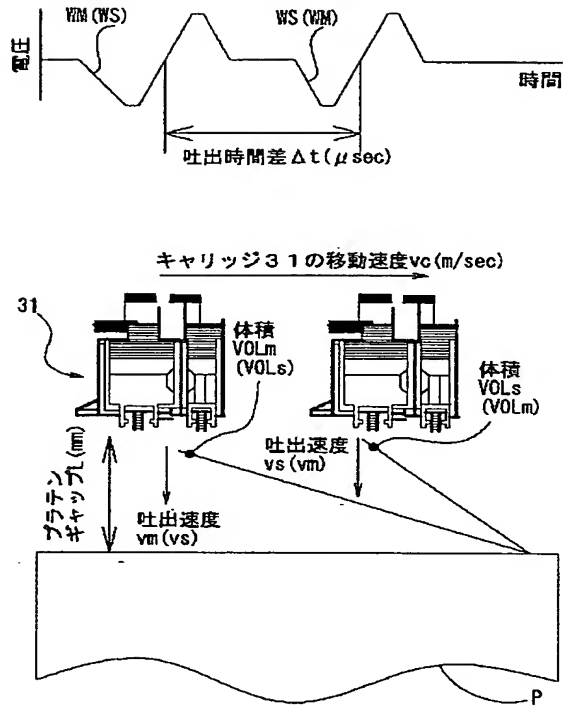
【図 11】



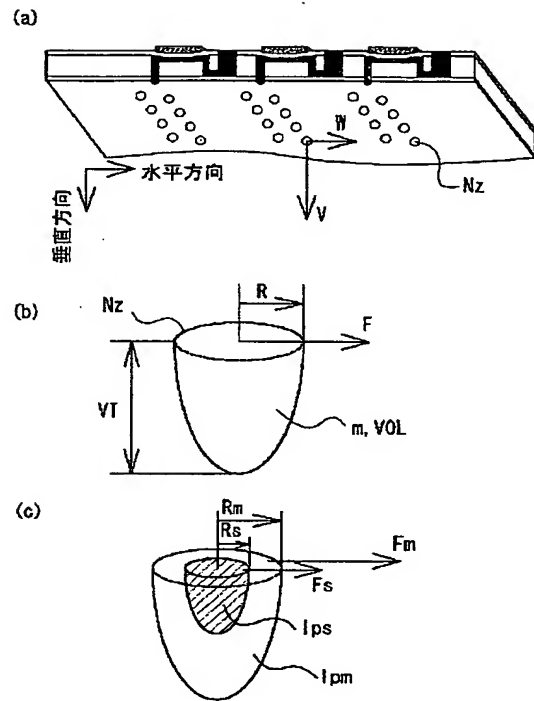
【図 14】



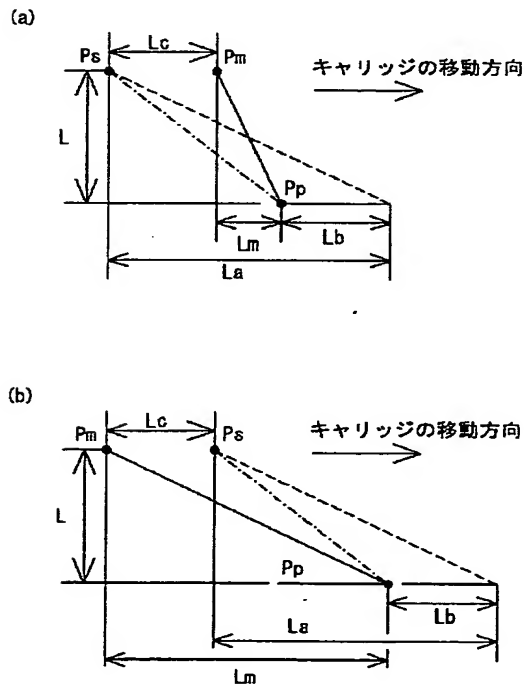
【図 9】



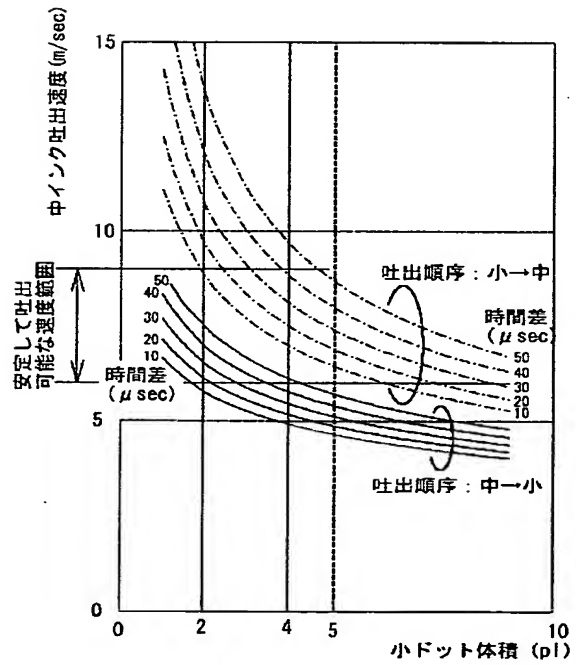
【図 10】



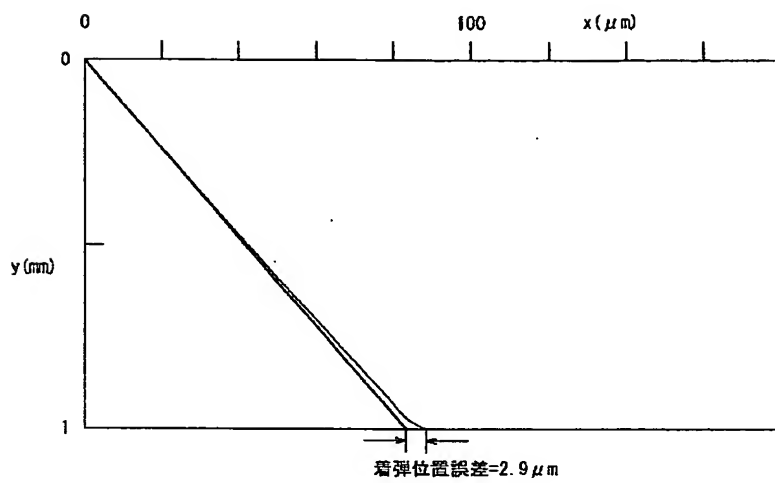
【図 12】



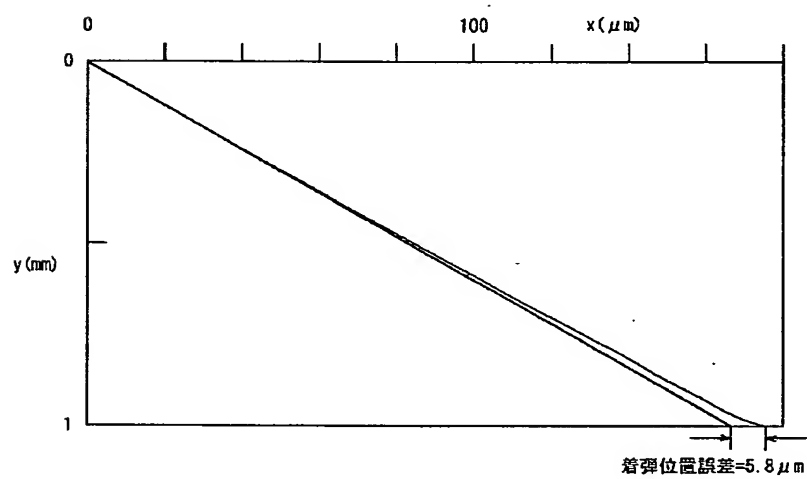
【図 13】



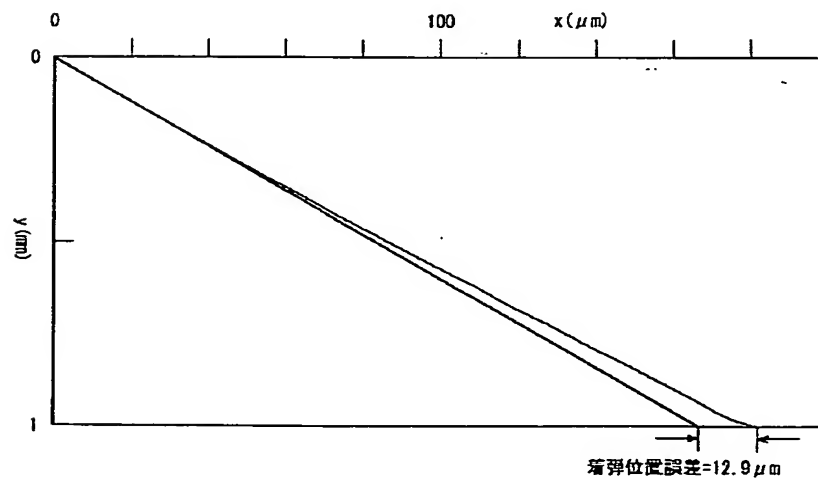
【図 15】



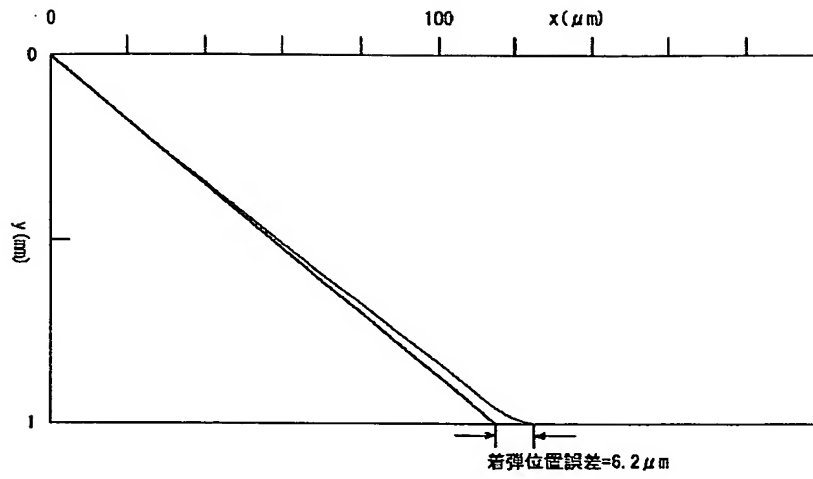
【図 16】



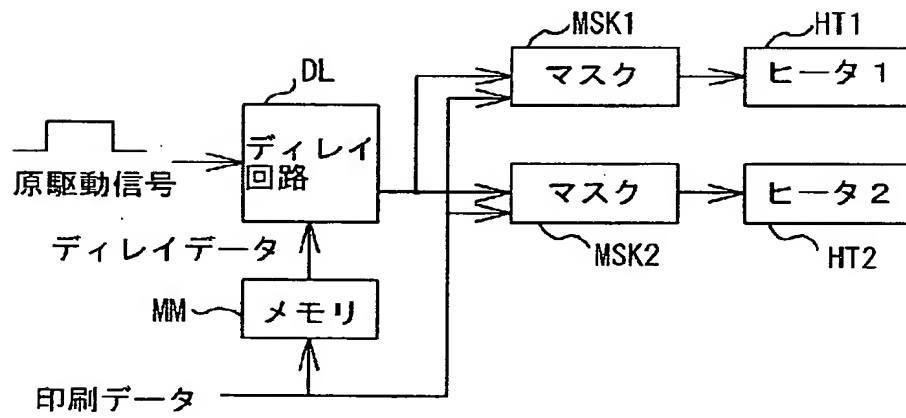
【図 17】



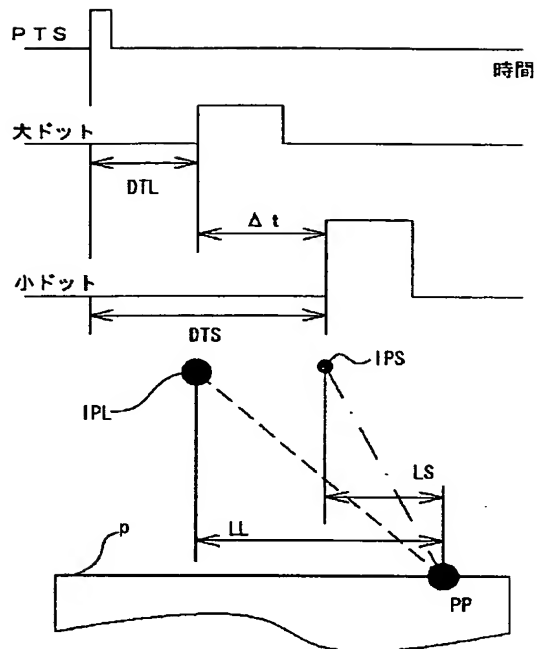
【図 18】



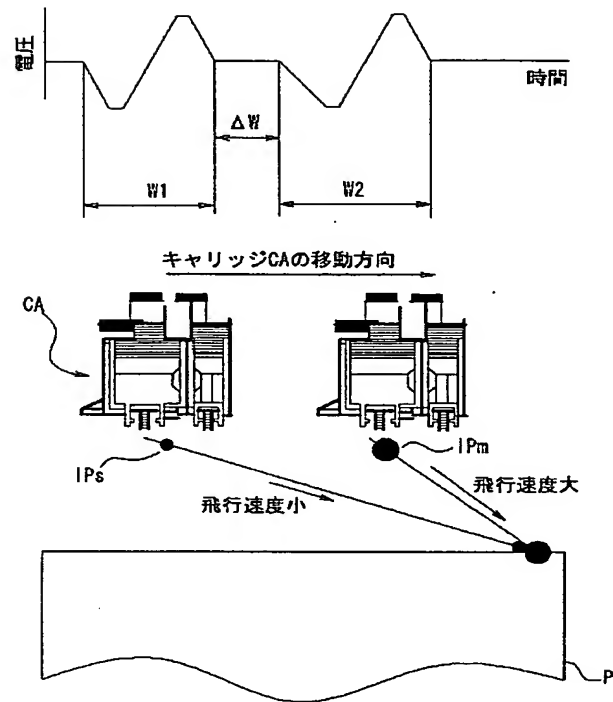
【図 20】



【図 21】



【図 22】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.